

|           |   |               |     |
|-----------|---|---------------|-----|
| <b>V</b>  | <b>術後鎮痛法としての<br/>自己調節鎮痛 (PCA)</b>   | 橋口 さおり, 武田 純三 | 97  |
|           | 自己調節鎮痛 (patient-controlled analgesia : PCA) の原理   |               | 99  |
|           | minimum effective analgesic concentration (MEAC) と<br>maximum concentration with pain (MCP) |               | 100 |
|           | PCA の設定項目   |               | 101 |
|           | PCA を術後痛に使用するメリットとデメリット   |               | 103 |
|           | 機器  |               | 103 |
|           | 投与経路  |               | 104 |
|           | 副作用対策, 安全管理   |               | 105 |
|           | acute pain service  |               | 110 |
|           | おわりに  |               | 111 |
| <b>VI</b> | <b>特殊な鎮痛対象</b>  |               | 113 |
|           | <b>小児の術後痛とその管理</b>  | 堀本 洋          | 115 |
|           | はじめに  |               | 115 |
|           | こどもへの術後鎮痛総論   |               | 116 |
|           | こどもへの術後鎮痛各論   |               | 118 |
|           | 術後鎮痛の新しい流れ  |               | 127 |
|           | <b>ICU 患者の鎮痛</b>  | 行岡 秀和         | 130 |
|           | はじめに  |               | 130 |
|           | 術後痛に関与する因子  |               | 130 |
|           | 術後痛の評価  |               | 131 |
|           | 人工呼吸患者の鎮静の評価  |               | 132 |
|           | 各種鎮痛法   |               | 134 |
|           | 人工呼吸中の鎮痛・鎮静法  |               | 136 |
|           | 食道切除術後痛管理   |               | 137 |
|           | 胸部外傷患者の鎮痛・鎮静法   |               | 138 |
|           | <b>日帰り麻酔患者</b>  | 白神 豪太郎, 福田 和彦 | 140 |
|           | はじめに  |               | 140 |
|           | 術後痛の頻度と強度   |               | 140 |
|           | 術後痛に伴う問題  |               | 141 |
|           | 術後痛の評価と予測   |               | 141 |
|           | 麻酔方法の選択   |               | 141 |

|            |     |
|------------|-----|
| 予防鎮痛と多用式鎮痛 | 142 |
| 日帰り麻酔の鎮痛計画 | 148 |
| おわりに       | 150 |

## 下腹部・下肢の術後痛

### — 脊髄くも膜下硬膜外併用麻酔患者 — 金子 伸一 152

|                   |     |
|-------------------|-----|
| はじめに              | 152 |
| 脊硬麻の分類            | 153 |
| 穿刺針の種類            | 153 |
| 脊硬麻の利点            | 155 |
| 脊硬麻の欠点            | 155 |
| 脊硬麻の実際            | 156 |
| 脊硬麻の合併症           | 156 |
| 脊硬麻の臨床            | 158 |
| 脊硬麻の硬膜外投与による術後痛管理 | 159 |
| おわりに              | 161 |

## VII

### オピオイド鎮痛法の薬理学的特性 — 亀井 淳三 165

|                   |     |
|-------------------|-----|
| オピオイドとは           | 167 |
| オピオイド受容体          | 167 |
| オピオイド受容体の構造       | 168 |
| オピオイド受容体の情報伝達機構   | 168 |
| オピオイドの作用とその構造活性相関 | 169 |
| オピオイド受容体の薬理作用     | 169 |
| オピオイドの薬理作用機序      | 171 |
| 部分作動薬             | 176 |
| 拮抗薬               | 177 |
| モルヒネの鎮痛作用発現機構     | 178 |
| モルヒネの吸収・代謝        | 179 |
| 塩酸オキシコドン          | 179 |
| フェンタニル            | 180 |

## VIII

### 非ステロイド性抗炎症薬の 薬理学的特性

— 川合 眞 — 183

|      |     |
|------|-----|
| はじめに | 185 |
| 基礎情報 | 185 |

|      |     |
|------|-----|
| 臨床薬理 | 193 |
| おわりに | 198 |

## **IX** 術後の疼痛ストレスと脳 ————— 仙波 恵美子…201

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| はじめに                       | 203 |
| 術後のストレスと脳                  | 203 |
| 術後痛の受容のメカニズム               | 208 |
| 術後痛と過敏症 (hypersensitivity) | 211 |
| 痛みの中樞回路と術後痛                | 215 |
| まとめ                        | 219 |

## **X** 術後痛の予防：preventive analgesia ————— 有田 英子…223

|   |     |
|---|-----|
| はじめに  | 225 |
| preemptive analgesia とは   | 225 |
| なぜ preemptive analgesia か   | 225 |
| 小動物の preemptive analgesia に関する研究結果                                | 227 |
| 臨床において preventive analgesia<br>(広義の preemptive analgesia) を達成するには | 227 |
| preemptive analgesia に関するこれまでの臨床研究                                | 231 |
| おわりに  | 233 |

## 索引 ————— 239

V

# 術後鎮痛法としての 自己調節鎮痛 (PCA)

## 自己調節鎮痛 (patient-controlled analgesia : PCA) の原理

術後痛管理は周術期管理の成否を左右する重要な鍵となっているにもかかわらず、長らく筋注などの不確実な方法が行われてきた。筋注は作用発現が遅く血中濃度の調節が難しいうえに、疼痛がある患者にさらに疼痛を伴う処置が必要になるため、術後痛管理法として適切なものとはいえない。これに代わる方法として考えられたのが比較的少量の鎮痛薬を頻繁に静注する方法であるが、これを有効に、しかも省力化して行うために考案されたのがPCAである。PCAは、疼痛の状況に合わせて患者自身がボタンを押すことで鎮痛薬を投与する、いわゆる鎮痛薬のオンデマンド投与方法で、PCA用の機器を使用する。図1にPCAによる条件付けの図を示す。条件付け（疼痛）に対する条件反応（ボタンを押すこと）が報酬（疼痛緩和）によって強化されることによってループが完成する。したがって、疼痛が存在する限りボタンを押す頻度は増加するが、疼痛が減少するに従って頻度は低下し、疼痛の強度に応じた鎮痛が図れることになる。このサイクルで問題になることは、サイクルがさまざまな因子の影響を受けることである。例えば、鎮痛薬の副作用や鎮痛薬に対する恐怖はボタンを押す行為に対して抑制的に作用する。また、必要以上に長いロックアウト時間や少なすぎるポーラス量は、報酬としての疼痛緩和を十分に保証しないため、患者の“ボタンを押す”行動を生じさせない可能性がある。ポーラス回数が少ないことが必ずしも良好な疼痛緩

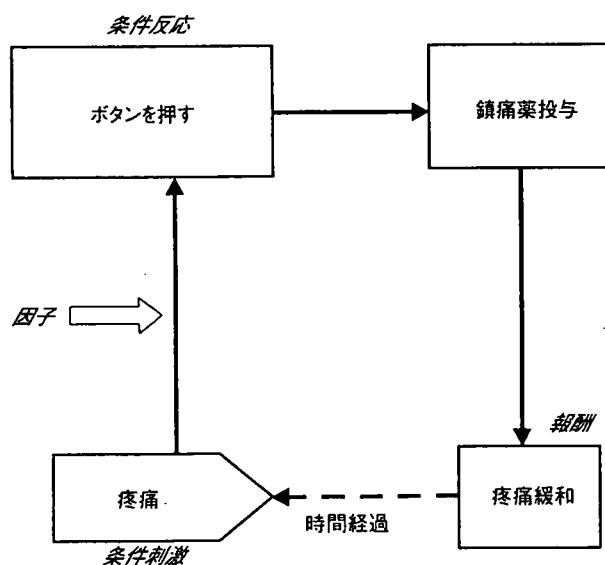


図1 PCAによる条件付けループ

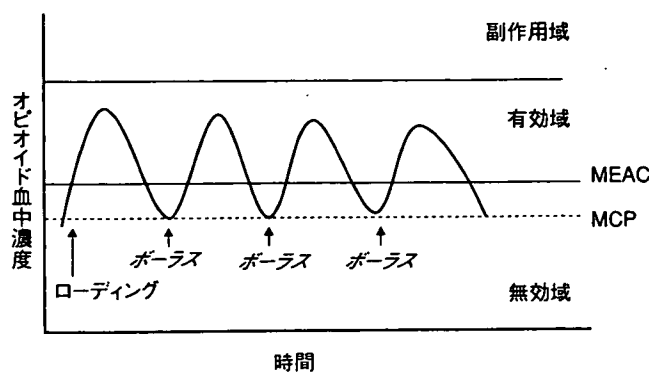


図 2 鎮痛薬血中濃度

和を反映しているとはかぎらないことは注意が必要である。また、有効に使用するためには、患者自身がボタンを押す行動が必要であることを事前に十分理解させることも重要となる。

## minimum effective analgesic concentration (MEAC) と maximum concentration with pain (MCP)

疼痛の軽減のために必要な鎮痛薬の最低限の血中濃度のことを MEAC といい、疼痛を感じる鎮痛薬の最大の血中濃度を MCP という。MEAC は個体差が大きく、疼痛を緩和するために必要な鎮痛薬の量にはかなりの差異がある。上腹部術後に静注 PCA を利用してモルヒネを投与した研究では、モルヒネの必要量は 10 倍の較差があった<sup>1)</sup>。一方、MEAC と MCP の較差には個体差は少ないと考えられている。同じ手術を受けた患者に 15 mg/day のモルヒネを持続投与し、ボーラス投与量を 0.4 mg/回、0.7 mg/回、1 mg/回の 3 群に分けて調査したところ、1 mg 投与群でもっともモルヒネの使用が多かった。0.4 mg/回、0.7 mg/回では効果が不十分であったために、ボーラスを使用しなかった結果と考えられる<sup>2)</sup>。モルヒネ静注の場合、MEAC-MCP は 1 mg/回の投与で充足されると考えられている。PCA のもとの考え方は、まずは医療者の手でローディングを行い、鎮痛薬の血中濃度を MEAC まで引き上げておき、血中濃度が下がると MCP に到達して疼痛を感じるため、患者がボーラスボタンを使用して血中濃度を MEAC まで引き上げる行為といえる (図 2)。

## PCA の設定項目

PCA は患者に合わせていくつかの項目を設定することで、患者自身の手による鎮痛薬の投与が可能となる。設定する項目は主に3つである。

1) 持続投与量：1時間あたりに投与される薬液量のことである。鎮痛効果を発揮する最低限の血中濃度を確保する意味を持つが、過剰となった場合には副作用を生じる危険性も併せ持つ。モルヒネのように、作用時間が長いものでは持続投与量を設定せずにボーラス投与のみで維持することも可能であるが、フェンタニルのように作用時間が短い薬物や、オピオイドの硬膜外投与のように作用発現までに時間がかかる場合には持続投与量を設定する必要がある。

2) ボーラス投与量：患者がボタンを押すことによって投与される1回量であり、基本的には患者の最小有効投与量に基づいて決定される。患者がPCAを効果的に使用するためには、患者が効果を実感できる投与量を設定する必要がある。ボタンを押す行為で満足するというプラセボ的な効果はない。

3) ロックアウト時間：患者によるボーラス投与が行われてから、次のリクエストが有効になるまでの時間間隔である。ロックアウト時間内のリクエストは無視され、この間にボタンを押してもボーラスは無効となる。過剰投与を避けることを目的としている。オピオイドを投与する場合、血中濃度は効果の指標とはならない。オピオイドの効果器官は中枢神経系 (central nervous system : CNS) であり、血中濃度の上昇と CNS における濃度には時間差

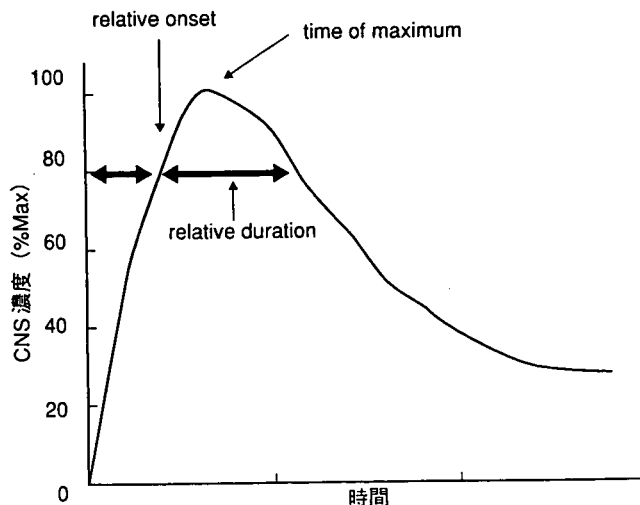


図 3 CNS 濃度

表 1 オピオイドの CNS 濃度プロフィール

|          | relative onset (min) | t max (min) | relative duration (min) |
|----------|----------------------|-------------|-------------------------|
| 単回静注     |                      |             |                         |
| モルヒネ     | 6                    | 19          | 96                      |
| ペチジン     | 6                    | 13          | 20                      |
| フェンタニル   | 2                    | 4           | 7                       |
| アルフェンタニル | 1                    | 2           | 2                       |
| 単回筋注     |                      |             |                         |
| モルヒネ     | 20                   | 48          | 110                     |
| ペチジン     | 17                   | 30          | 39                      |
| 単回経口     |                      |             |                         |
| モルヒネ     | 37                   | 82          | 139                     |

(effect delay) が生じる。血中濃度の変化は速いが、CNS 濃度はそれよりもゆっくりと変化する。CNS におけるオピオイドの最大濃度の 80% 程度で効果を発現するといわれている。80% に達するまでの時間が relative onset で、80% 以上の CNS 濃度が維持されている時間を relative duration という (図 3)。オピオイドの CNS 濃度のプロフィールが PCA の設定の参考になる<sup>3)</sup> (表 1)。ロックアウト時間の設定にあたっては、relative onset の時間が基準になっている。例えば、モルヒネ静注の場合、relative onset が 6 分であるため、ロックアウト時間は 5-10 分に設定する。フェンタニルは作用発現までの時間がモルヒネよりも早い 2 分であるため、短めの 5 分程度でよい。無意味に長い時間の設定は、患者にとって疼痛に耐える時間を長引かせるだけであり慎むべきである。

電動式ポンプでは、上記の 3 つの設定項目のほかに、さらに細かい設定が可能である。

4) 単位時間あたりの投与量制限：単位時間あたりの投与量や投与回数に制限をかけることができる。作用発現までに時間がかからないフェンタニルや、本邦ではまだ使用できないアルフェンタニルなどを投与する場合に使用する。ロックアウト時間を 2~5 分と短めに設定しておき、1 時間から 4 時間を単位時間とする。例えば、ボーラス投与量を 1 ml、ロックアウト時間を 2 分、1 時間あたりの総投与量を 10 ml と設定し、患者が最初の 20 分間に 10 回ボーラス投与を行うと、あとの 40 分間はそれ以上ボタンを使用しても追加投与されない。この設定方法は、マンパワー不足などで医療者によるローディングが施行できない場合、投与開始初期にボーラス投与を患者自身が積極的に行うことで、早期に MEAC まで到達させたいときに有効である。

5) ローディング：術後痛管理では、麻酔回復室などで患者の疼痛の状態を評価しながら、医療者の手でローディングを行うことが原則であるが、機械でローディング量を設定することも可能である。



## PCA を術後痛に使用するメリットとデメリット

PCA の利点は、①疼痛時に医療従事者を呼ぶ必要がないため、疼痛を感じる時間を短縮できる、②食事や歩行など活動に合わせて効果的に使用できる、③投与時に筋注を施行するなど新たに疼痛を伴うような処置が必要ない、④患者が自ら対処する方法を得ることで主体性を尊重できる、などが挙げられる。一方、欠点としては、①特別な機械が必要、②医療関係者が機械の取り扱いに習熟していなくてはならないため、導入に時間と労力がかかる、③事前に患者への説明が必要、④副作用の発生に速やかに対処するための管理体制を整えることが必要、⑤機器や副作用などあらゆるトラブルに対処できるスーパーバイザーが必要、などである。当院では当初、癌性疼痛に対して4台の電動式PCAポンプを運用していたが、術後痛に運用を拡大してからは急速に院内に広まり、2005年2月現在で92台が稼働している。

## 機 器

PCAを施行するためには、PCA用の機器が必要となる。本邦ではディスプレイ簡易バルーン型ポンプと電動式ポンプの入手が可能である。術後痛は患者の年齢、性別、侵襲の程度、術式、手術の部位、術後の時間経過によって変動するものであるが、電動式PCAポンプは個々の患者の条件に応じて随時調節できることが最大の利点であり、術後痛だけではなく癌性疼痛管理や無痛分娩にも広く利用されている。術後痛は通常、術後24時間前後までもっとも強く、時間の経過に従って軽減する。投与開始後の調節は、疼痛の軽減に伴い、まず持続投与量を漸減し、ボラス投与のみとし、数日でPCAポンプを終了する。患者によっては、ロックアウト時間を短めに設定し、単位時間あたりの投与量に制限をかけて、体動が大きい時期に多くのボラスを使用できるように調節することもある。このような細かい調節はディスプレイポンプでは不可能である。一方、ディスプレイポンプは簡単に使用でき、電動式と比較すると軽く、持ち運びに便利であることから、多くの施設で使用されている。

多くの電動式ポンプでは、設定の詳細やボタン使用の履歴のデータがPCA本体に蓄積される。当院では全症例でPCAポンプを終了した際にデータのダウンロードを行っているが、データが役立つのはなんらかの誤操作が生じた際である。多くの誤操作は、看護師がボラス回数の履歴を確認する際に起こる。ダウンロードしたデータを解析し、誤操作が起こった時間と誤操作の内容を調べ、誤操作を起こした病棟看護師の指導や、より分かりやすいマニュアルの作成に役立て、誤操作の再発防止の努力をしている。日常のPCA投与量の調節

にあたっては詳しい履歴は必要なく、回診から1日程度遡ってボラス投与の履歴が確認できれば十分である。

## 投 与 経 路

PCAの使用はオピオイドの投与が中心となる。投与経路は静脈内投与、皮下投与、硬膜外投与、くも膜下投与が可能である。術後痛管理の場合、硬膜外投与と静注が広く行われている。

### A. 静注 PCA

対象は、頭頸部外科、脊椎外科のほか、凝固能障害などのために硬膜外カテーテルの挿入ができない症例である。通常モルヒネを使用しているが、腎機能障害などによりモルヒネの使用が難しい場合にはフェンタニルでもよい。静注の場合のモルヒネとフェンタニルの換算は、モルヒネ1 mg = フェンタニル20  $\mu$ gとしている。MEACとMCPの項で記したように、MEACに達するまで医療者の手でローディングを行うのが本来のPCA法である。したがって、麻酔回復室などで疼痛と副作用の評価をしながらローディングを行う必要がある。疼痛スコアが4/10（多少痛むが自制内程度）となるまで、5分ごとにモルヒネ1 mg/回、またはフェンタニル25  $\mu$ g/回を繰り返す。ただし、呼吸回数が12回/min未満になった場合には、それ以上投与しない。30分たっても疼痛が続く場合には、ボラスをモルヒネ2 mg/回またはフェンタニル50  $\mu$ g/回に増量する。この場合も、呼吸回数が12回/min未満となったらそれ以上の投与は行わない。多くの場合、モルヒネであれば1~2 mg、フェンタニルであれば25~50  $\mu$ gでローディング可能である。若い患者では、それ以上必要となることもある。ローディング中はPCAポンプの設定の変更は行わない。作用時間が比較的長いモルヒネを使用し、ローディングが確実に行われれば、理論上、持続投与は必要ないが、当院では夜間の睡眠障害が問題となったため、少量の持続投与を行っている。作用持続時間が短いフェンタニルでは、持続投与が必要となる。

### B. 皮 下 注

点滴ラインを早期に抜去する術式の場合には、静注に代わる方法として皮下注を行う。皮下注における投与薬物、設定は静注と同様であるが、薬液を皮下に大量に投与することはできない。持続投与量やボラス投与量は1 ml/hr、1 ml/回を超えないようにする。

## C. 硬膜外 PCA

腰部硬膜外鎮痛法は下肢の手術や下腹部の開腹術，胸部硬膜外鎮痛法は上腹部開腹術，開胸術に多く使用されている。投与される薬物は，オピオイドと局所麻酔薬である。開腹手術では局所麻酔薬単独よりもオピオイドと局所麻酔薬を併用したほうがよい。これは，局所麻酔薬単独で十分な鎮痛を得ようとした場合には局所麻酔薬の濃度を上げる必要があり，運動神経ブロックや低血圧が起りやすく，かえって離床の妨げになるからである。

## 副作用対策，安全管理

PCA を安全に使用するためには，副作用を早期に発見し，対処することが重要である。病棟看護師は定期的に病室を訪問して観察することにより，副作用を早期に発見し，対処することが可能になる。一見，業務が増えるように感じるが，実際には PCA 導入前のように疼痛のために不定期にナースコールが鳴ることは少なくなるため，業務の計画が立てやすく，効率よくこなすことができる。副作用を的確にとらえ，それに対する処置が分かりやすいように，副作用をスコア化して記録し，異常が見られた場合の処置をマニュアル化しておく方法が有用である。硬膜外投与と静注では，起りうる副作用に若干の違いがあるため，スコア表も異なる（表2，表3）。起りうる副作用は，オピオイドによる呼吸抑制，鎮静，悪心・嘔吐，尿閉と，局所麻酔薬の硬膜外投与による低血圧，下肢運動障害である。各スコアに対する対処マニュアルを表4に示す。

### A. 呼吸抑制

呼吸抑制はオピオイドの使用にあたって，もっとも重篤な合併症となるため，早期に発見して対処する必要がある。オピオイドを硬膜外に投与した場合，モルヒネ 2～10 mg の投与で 4～22 時間後に，フェンタニル 0.1 mg の投与で 30 分～4 時間後に起こる可能性がある<sup>4)</sup>。硬膜外にモルヒネ単独で投与した場合には，定時的な間欠的投与のほうが PCA よりも呼吸抑制が起りやすい<sup>5)</sup>。実際に硬膜外 PCA で使用した場合の呼吸抑制の頻度は，フェンタニルとブピバカインの組み合わせで 0.3% と報告<sup>6)</sup>されている。一方，オピオイドの全身投与では，呼吸回数 10 回未満となったのは 1.6% と報告<sup>7)</sup>されている。呼吸抑制に対しては，呼吸回数が 8 回/min 未満で呼びかけに答えられる場合には，持続投与量を半減する。呼吸回数が 8 回/min で呼びかけに答えられない場合には持続投与を止めて，ナロキソン投与（0.02 mg/回ずつ静注，上限 0.2 mg）を行う。ナロキソンは作用時間がオピオイドより短いため，

表 2 術後静脈 PCA スコア表

この表は PCA ポンプ返却時に ME センターへ渡してください

病棟 外来カルテ No                          患者氏名

| 手術月日<br>/ | 入室時間<br>時 分 | 時間 | 呼吸数 | SpO <sub>2</sub> | 安静時痛 | 体動時痛 | 鎮静 | 吐き気 | ボーラス回数<br>有効/リクエスト | サイン |
|-----------|-------------|----|-----|------------------|------|------|----|-----|--------------------|-----|
|           | 入室時         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 1h          |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 2h          |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 3h          |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 4h          |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 6h          |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 9h          |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 12h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 18h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 24h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 30h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 36h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 42h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 48h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 54h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 60h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 66h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |
|           | 72h         |    |     |                  |      |      |    |     | /                  |     |

注意点：白抜き部分に数字で記入し、グレー部分は記入する必要はない

ボーラス回数記入：有効/リクエスト回数を各勤務終了時点で、その時間帯に使用した回数を記入  
 夜間睡眠中にチェック時間となったときは、呼吸回数、SpO<sub>2</sub>を観察して、異常なければ睡眠中として記録、疼痛レベルなどは測定しない。

ベインスケール（安静時、体動時）                          体動時の疼痛評価は、深呼吸、体位交換などさせて判定

|   |
|---|
| 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10                    |
|   |
| 痛みなし                  中程度          もっとも痛い |

鎮静スコア    吐き気スコア

|                    |            |
|--------------------|------------|
| 0：意識は完全にはっきりしている   | 0：吐き気は全くない |
| 1：やや傾眠             | 1：軽い吐き気がある |
| 2：眠っている（声かけで覚醒）    | 2：強い吐き気がある |
| 3：眠っている（声かけで覚醒しない） | 3：嘔吐している   |

0.5~1 μg/kg/hr の持続投与も考慮する。ベンゾジアゼピン系の薬物が投与されていた場合には、フルマゼニル 0.2 mg（最大 1 mg）投与を考慮する。以上の処置を行いつつ、酸素投与や、必要ならばマスク換気も施行する。

表 3 術後硬膜外 PCA スコア表

この表は PCA ポンプ返却時に ME センターへ渡してください

| 病棟 外来カルテ No |            |    |     | 患者氏名             |      |      |    |     |      |          |                |     |
|-------------|------------|----|-----|------------------|------|------|----|-----|------|----------|----------------|-----|
| 手術月日 /      | 入室時間 / 時 分 | 時間 | 呼吸数 | SpO <sub>2</sub> | 安静時痛 | 体動時痛 | 鎮静 | 吐き気 | 下肢知覚 | 刺入部各シフト毎 | ボーラス回数有効/リクエスト | サイン |
|             | 入室時        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 1h         |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 2h         |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 3h         |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 4h         |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 6h         |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 9h         |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 12h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 18h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 24h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 30h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 36h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 42h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 48h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 54h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 60h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 66h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |
|             | 72h        |    |     |                  |      |      |    |     |      |          | /              |     |

注意点：白抜き部分に数字で記入し、グレー部分は記入する必要はない

ボーラス回数記入：有効/リクエスト回数を各勤務終了時点で、その時間帯に使用した回数を記入  
夜間睡眠中にチェック時間となったときは、呼吸回数、SpO<sub>2</sub>を観察して、異常なれば睡眠中として記録、疼痛レベルなどは測定しない。

ベインスケール（安静時、体動時） 体動時の疼痛評価は、深呼吸、体位交換などさせて判定する

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10<br> ----- | <b>刺入部確認：通常は術後3日間はガーゼ交換はしない</b><br>1. 硬膜外カテーテル刺入部出血、浸出 2. 刺入部の疼痛<br>3. ライン固定 4. PCA ポンプまでの輸液ライン |
| 痛みなし 中程度 もっとも痛い                  |   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>鎮静スコア</b><br>0：意識は完全にはっきりしている<br>1：やや傾眠<br>2：眠っている（声かけで覚醒）<br>3：眠っている（声かけで覚醒しない） | <b>吐き気スコア</b><br>0：吐き気は全くない<br>1：軽い吐き気がある<br>2：強い吐き気がある<br>3：嘔吐している | <b>下肢知覚</b><br>0：しびれなし<br>1：軽いしびれがある<br>2：中等度のしびれがある<br>3：強いしびれがある<br>4：下肢が動かない |
|---|---|---|

## B. 鎮 静

オピオイドの副作用により眠気がでることがある。強い眠気は術後の離床の妨げとなるた

表 4 病棟における副作用スコアと処置

|                                |
|--------------------------------|
| 呼吸回数                           |
| 8回/min 未満, かつ呼びかけに反応しない        |
| → PCA ポンプ中止のうえ, ナロキソン投与。麻酔科へ連絡 |
| 8回/min 未満, かつ呼びかけに反応する         |
| → PCA 持続投与を中止し, ボーラスのみとして継続する  |
| 鎮静スコア                          |
| 0: 意識は完全にはっきりしている              |
| 1: やや傾眠                        |
| 2: 眠っている (声かけで覚醒)              |
| 3: 眠っている (声かけで覚醒しない)           |
| → スコア 2: 持続投与量を減量する            |
| → スコア 3: PCA 中止のうえ, 麻酔科へ連絡     |
| 吐気スコア                          |
| 0: 吐気は全くない                     |
| 1: 軽い吐気がある                     |
| 2: 強い吐気がある                     |
| 3: 嘔吐している                      |
| → 制吐薬の投与は主治医の指示に従う             |
| 下肢知覚                           |
| 0: しびれはない                      |
| 1: 軽いしびれがある                    |
| 2: 中等度のしびれがある                  |
| 3: 強いしびれがある                    |
| 4: 下肢が動かない                     |
| → スコア 2: 持続投与量を減量のうえ継続         |
| → スコア 3 以上: 麻酔科へ連絡             |

め好ましくない。また、呼吸抑制の前には強度の傾眠傾向となるため、呼吸抑制に至る前駆症状としても重要である。離床を妨げるほどの鎮静の場合、持続投与量を半量として継続する。

### C. 悪心・嘔吐

オピオイドによる嘔気以外にも、術中に投与された麻酔薬や外科手術そのものの影響もある。また、全症例に生じるわけではないので、嘔気時の対処が病棟で確実に行われるようであれば、嘔気の出現時に制吐薬を使用するという考え方もある。患者が“ボタンを押すたびに吐き気がある”と訴える場合には、嘔気の原因が PCA ということも考えられる。原因にかかわらず、メトクロプラミド 10~20 mg の静注や、ドロペリドール 0.625 mg の静注で対応する。当院での PCA 導入後 1 年経過した際の病棟看護師へのアンケート調査ではもっとも多かったクレームが嘔気であったため、PCA の処方の中にあらかじめドロペリドールを加える処方に変更した。制吐薬としてのドロペリドールの至適投与量は 4 mg/day 以下であり、現行の設定では、最大限投与された場合でも 3.7 mg/day である。ただし、若年者では

錐体外路症状が出やすい傾向にあるため、投与しない。

## D. 下肢運動障害

硬膜外に局所麻酔薬を投与した際の運動神経や知覚神経の過剰なブロックは離床の可否に影響するので、速やかに対応することが必要である。運動神経のブロックは、カテーテルの位置、局所麻酔薬の濃度、持続投与量による。歩行を制限するような運動神経ブロックは、カテーテルの先端がT10以上であれば起こりにくい。術後早期の運動神経ブロックは、手術中の高濃度局所麻酔薬の影響もありうるため、術後8～12時間はPCAの設定を変更する必要はない。術後12時間たっても運動神経ブロックが続くようであれば、以下のように処置をする。①鎮痛が良好な場合は、持続投与量を1/2に減量する。減量後数時間たっても運動神経ブロックが続く場合には、局所麻酔薬の濃度を半減するか、生理食塩液に変更する。②鎮痛が不十分な場合は硬膜外カテーテルを抜去し、静注PCAに切り替える。

## E. 術後低血圧

硬膜外投与では、局所麻酔薬の投与により低血圧が起こりうる。低血圧の原因となる要素、例えば、循環血液量の不足、出血、降圧薬の投与、低心拍出量、心筋虚血、くも膜下へのカテーテルの迷入などの可能性を考え、処置を行う。これらの可能性が否定された場合には、次のように処置する。①局所麻酔薬+オピオイドの投与で鎮痛ができており、軽度の低血圧がある場合は、持続投与量を1/2～2/3に減量する。適応があれば、即効性がある昇圧薬の投与を行う。②局所麻酔薬+オピオイドの投与で鎮痛ができており、明らかな低血圧がある場合には、2時間以上持続投与を中止し、その後、持続投与量を1/2～2/3へ減量して再開するか、局所麻酔薬の濃度を薄めてオピオイドとともに投与する。この間、患者が疼痛を訴えた場合は、フェンタニル25～50 µgかモルヒネ1～2 mgを静注してもよい。鎮痛が不十分で、かつ低血圧がある場合には、局所麻酔薬の濃度を減じるか、またはオピオイド+生理食塩液に変更するか、または硬膜外鎮痛法を中止し、静注PCAとする。オピオイド単独投与にもかかわらず低血圧がある場合には、低血圧の原因として硬膜外投与は考えにくく、投与を中止する必要はない。静注や皮下注によるオピオイド単独の投与では、低血圧はほとんど起こらない。

## F. 瘙 痒 感

抗ヒスタミン薬の投与で治まらない場合には、ナロキソン 0.02 mg 静注またはナロキソ

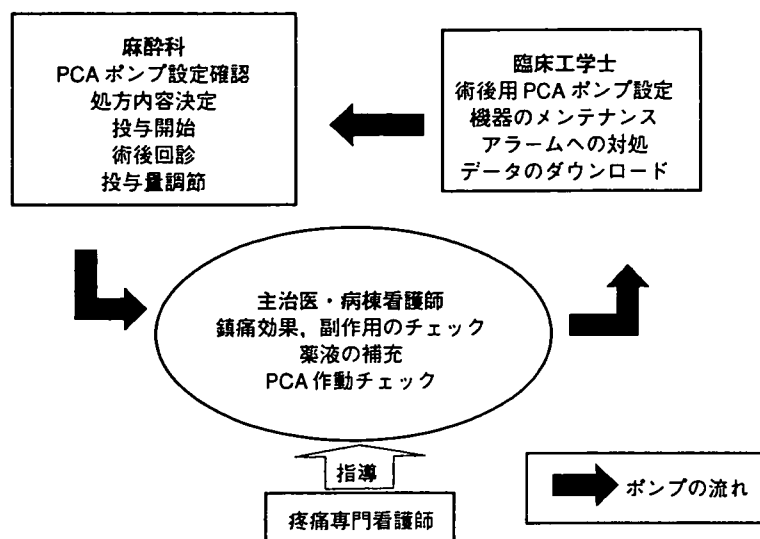


図 4 PCA ポンプの運用

ン 0.5 mg + 生食 500 ml を 20 ml/hr で PCA 終了まで持続静注を行う。

## G. 尿 閉

オピオイドの全身投与，硬膜外投与ともに尿閉の頻度は 10～50 % であり，投与量の減少によって頻度は減少しない。少量のナロキソン投与が効果的な場合がある。

## acute pain service

PCA ポンプを効率よく運用し，安全に使用するためには，多職種の協力が必要である。欧米では術後痛管理サービスを行うチームが多くの病院に存在している。本邦でも工夫しだいで可能であり，当院で施行している PCA ポンプの運用と各部署の役割を示す (図 4)。

### A. 麻酔科医

導入の適応を決定し，患者や家族への説明を行う。開始後は疼痛の緩和状況や副作用の評価を行い，投与量の調節を行う。麻酔科はスーパーバイザーの役割を果たしており，病棟で対応が難しい合併症の対応を行う。PCA ポンプ装着症例については，毎朝病棟回診を行い，病棟スタッフからの相談に応じている。



## B. 臨床工学士

臨床工学士はポンプのメンテナンスや故障時の対応を行う。また、ポンプに蓄積されたデータのダウンロードを行っている。機器の台数が増加すると、故障の頻度も増加する。機器を効率よく使用するためには、臨床工学士の協力は不可欠である。

## C. 看護師

当院には疼痛・緩和ケアナースという疼痛管理専門の看護師が3名おり、1名は麻酔科外来に、1名は療養支援室に、もう1名は内科系病棟に所属している。疼痛・緩和ケアナースは、PCA導入時に患者や家族に対する機器取り扱いの説明を行い、ポンプを効果的に使用できるよう援助する。病棟看護師に対しては、機器の取り扱い方法の説明や、薬液充填時の注意点などの指導を行う。また、機器の誤操作が発生した場合には、ダウンロードされたデータを基に、再発防止の指導を行う。ポンプの操作については、疼痛・緩和ケアナースが習熟しているため、基本的なポンプの操作に関連して麻酔科医が呼ばれることはない。病棟看護師は勤務帯ごとのボーラス回数をチェックするほか、チェックシートへの記入を行い、マニュアルに沿って対処する。

### 【おわりに】

PCAは、変動が大きい術後痛に柔軟に対応できるため、術後痛管理における強力なツールとなる。近年の術後痛管理の進歩は、この手法と機器に発展によるところが大きい。マンパワー不足が問題となっている本邦の医療現場でも、工夫次第で効率のかつ安全な運用は可能である。今後、多くの患者がこの方法を享受できるよう望むものである。

#### 参考文献

---

- 1) Bennett RL, Batenhorst RL, Bivens BA, et al. Patient controlled analgesia : a new concept of pain relief. *Ann Surg* 1982 ; 195 : 700-4.
- 2) Owen H, Kluger MT, Plummer JL. Variables of patient controlled analgesia 4 : the relevance of bolus dose size to supplement a background infusion. *Anaesthesia* 1990 ; 45 : 619-22.
- 3) Upton RN, Semple TJ, Macintyre PE. Pharmacokinetic optimization of opioid treatment in acute pain therapy. *Clin Pharmacokinet* 1997 ; 33 : 225-44.

- 4) Morgan M. The rational use of intrathecal and extradural opioids. *Br J Anaesth* 1989 ; 63 : 165-88.
- 5) Nozaki-taguchi N, Oka T, Kochi T, et al. Apnoea and oximetric desaturation in patients receiving epidural morphine after gastrectomy : a comparison of intermittent bolus and patient controlled administration. *Anaesth Intensive Care* 1993 ; 21 : 292-7.
- 6) Liu SS, Allen HW, Olsson GL. Patient-controlled epidural analgesia with bupivacaine and fentanyl on hospital wards, prospective experience with 1,030 surgical patients. *Anesthesiology* 1998 ; 88 : 688-95.
- 7) Walder B, Schafer M, Hanzi I, et al. Efficacy and safety of patient-controlled opioid analgesia for postoperative pain. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001 ; 45 : 795-804.

(橋口 さおり, 武田 純三)

## PCA ポンプのサイホン効果により フェンタニル過量投与を生じた1症例

羽鳥英樹 橋口さおり  
大西 幸 小杉志都子  
栗林淳也 高野学美  
津崎晃一 武田純三  
慶應義塾大学医学部麻酔学教室

### はじめに

Patient controlled analgesia (PCA) は、疼痛管理の質向上に対する有用性・安全性が示されて以来、本邦においても関心が高まるとともに、その普及傾向が次第に明らかとなっている。筆者の所属施設では、がん性疼痛や術後痛に対する積極的管理として PCA を利用し、患者満足度の向上など多くの利点を明らかにしてきた。その結果、現在では 95 台の PCA ポンプ (アイフューザー™: JMS 社製) を稼働させるに至っている。今回、PCA ポンプを用いた疼痛管理中に予想外のフェンタニル過量投与を生じた 1 例を経験した。原因検索の結果、PCA ポンプのチューブおよびロータリー機構に内在する特性が、過量投与を生じ得る原因の 1 つと考えられたので報告する。

### 症 例

63 歳, 男性, 身長 171 cm, 体重 55 kg.

現病歴: 最近, 舌がんの多発骨転移 (肋骨や胸・腰椎, 胸骨, 腸骨) による強度の疼痛 (特

<Brief Note>

A case of fentanyl overdose caused by a syphon-ing effect of PCA pump

Eiki Hatori, et al

Department of Anesthesiology, Keio University School of Medicine

に体動時痛) を訴えるようになった。オピオイド投与方法としては、安静時痛に対してフェンタニルパッチ (12.5 mg), 体動時痛に対しては、PCA によるフェンタニルの静脈内投与を行うこととした。PCA の薬液調整は、フェンタニル 4,000  $\mu$ g に生理食塩液を加えて計 100 ml とし (40  $\mu$ g/ml), これを内容量 100 ml のプラスチックボトルに充填して使用した。動作設定は、ベース投与量 0 ml/時・ボーラス投与量 1 ml/回・ロックアウト時間 10 分とした。薬液ボトルを PCA ポンプに接続して使用を開始したが、17 時間後にポンプの残液表示 98 ml に対し、ボトル内の残量が少ないことが発見された。実際のボトル残液量は 52 ml であった。したがって、17 時間に 48 ml (フェンタニル 1,920  $\mu$ g) が静脈内投与されたことになる。一方この間、患者によるボーラスリクエストは 2 回 (2 ml) あり、残液表示そのものは正しい値を示していた。ベース投与量やボーラスリクエストと無関係に生じた総投与量は 46 ml であったと推測される。このような過量投与にもかかわらず、患者は眠気を訴えるだけで、特に、呼吸・循環状態を含めて重篤な副作用は認めなかった。また、患者のボーラスリクエストは、通常、1 時間あたり 3~5 回程度であったが、この 17 時間のリクエストは 2 回と回数低下が明らかであった。

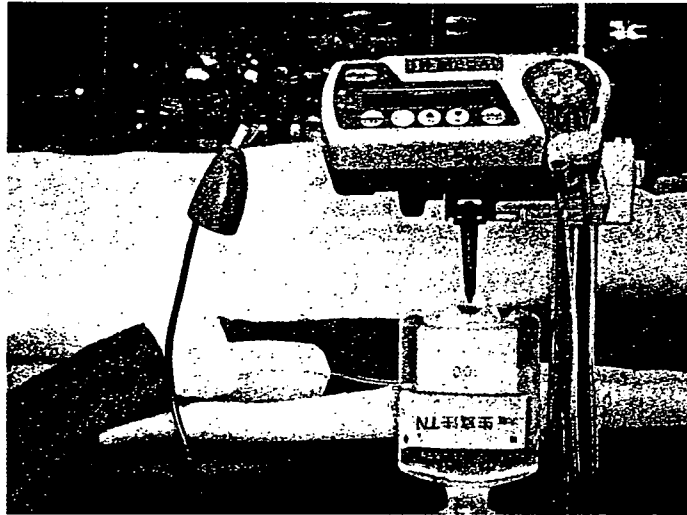


図1 アイフューザー™の装着例  
アイフューザー™と薬液ボトルの高低差を少なくすることで、  
ポンプ本体へ過剰圧がかからないようにしている

## 考 察

静脈内PCAで、投与の主体となる薬物はオピオイドである<sup>1)</sup>。本症例では、幸いにも患者に有害事象を認めなかったが、呼吸抑制などの重篤な副作用の可能性を考慮すれば、その投与には厳密な管理が必要である<sup>2,3)</sup>。

現在市販されているPCAポンプには、電動式とアスポラブル式の2つのタイプがある。このうち電動式ポンプの注入様式には、ベリスタルティック方式（ロータリー方式）や、ピストン方式、シリンジポンプ方式などがある<sup>4)</sup>。当施設で使用しているアイフューザー™はロータリー方式であり、注入精度向上の目的でチューブ素材をシリコンとしているため、他製品より注入誤差が少ない利点がある。しかし、本症例のようにベース投与量設定を0ml/時とすると、薬液ボトル内圧や薬液ボトルと患者との静水圧差によりポンプカセット部分に過剰な圧がかかり、ロータリーとチューブのわずかな間隙から薬液流出が生じる可能性があることが明らかとなった。同様のポンプ設定によるベンチ実験では、内容量100mlのプラスチックボトル

に薬液100mlを注入後、空気を20ml注入した状態では、薬液流出が生じなかった。しかし、30ml以上では薬液流出が認められ、62mlの空気注入では、12時間に22.2mlの薬液流出が発生した。また、薬液ボトルに脱気針を刺入してボトル内に過剰圧を発生させない場合でも、ボトル位置と患者の高低差を1mに設定した場合、24時間で0.2mlのサイホン効果による薬液流出が発生した。

以上から、当施設ではアイフューザー™を使用するにあたり、i) 薬液ボトルへの薬液注入時には脱気針を使用し、ボトル内圧を平圧に維持する（または、脱気針を必要としないソフトバッグの使用）、ii) ボトルと患者との高低差を少なくする（図1）、iii) 8時間ごとに、ボトル内の薬液残量やポンプの残液表示、ポーラスリクエスト回数を照合する、などの対策をとった結果、現在まで類似例の発生は生じていない。

本症例は、薬液ボトル内の過剰圧やロータリー方式というポンプ機構、チューブ材質がシリコンであったことなどが複合要因となって発生したと考えられる。チューブ材質が異なる場